

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 8 月 14 日 (14.08.2003)

PCT

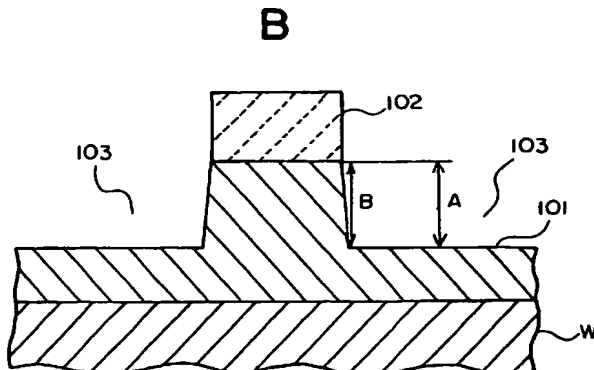
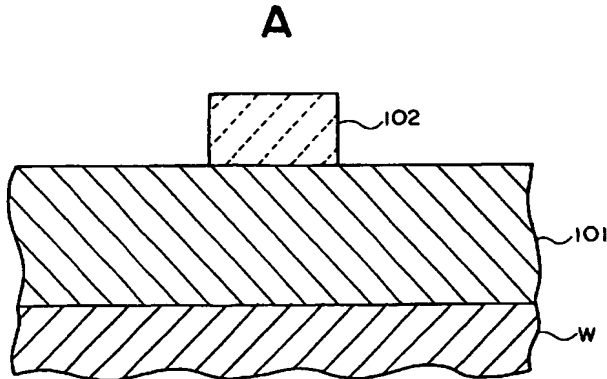
(10) 国際公開番号
WO 03/067643 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/3065 [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区赤坂 五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/01052
- (22) 国際出願日: 2003 年 2 月 3 日 (03.02.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-30836 2002 年 2 月 7 日 (07.02.2002) JP *Aug 04*
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 勝沼 隆幸 (KAT-SUNUMA, Takayuki) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 斐崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒101-0046 東京都 千代田区神田多町 2 丁目 1 番地 神田東山ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: ETCHING METHOD AND ETCHING APPARATUS

(54) 発明の名称: エッチング方法及びエッチング装置



(57) Abstract: A mask material layer (102) of a desired pattern is formed on a silicon oxide film (101). The exposed parts of the silicon oxide film (101) is etched in accordance with the pattern of the mask material layer (102) by plasma etching by using a mixed gas fed at a rate such that the ratio ($C_5F_8+O_2/Ar$) of the total flow rate of $C_5F_8+O_2$ to the flow rate of Ar is 0.02 (2%) or less. Thus, a generally vertical right-angled portion is formed in the silicon oxide film (101). Therefore, no microtrenches are formed, and etching into a desired pattern is precisely effected.

[続葉有]

WO 03/067643 A1



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

シリコン酸化膜 101 上に所望パターンのマスク材層 102 を形成し、 A_r の流量に対する $C_5F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $((C_5F_8 + O_2) / A_r)$ の値を 0.02 (2%) 以下とした混合ガスを用い、プラズマエッチングにより、マスク材層 102 のパターン形状に基づいて、シリコン酸化膜 101 の露出部分をエッチングし、シリコン酸化膜 101 中に、略垂直な角部を形成する。これによって、マイクロレンチの発生を抑制することができ、精度良く所望形状のエッチングを行うことができる。

明 細 書

エッチング方法及びエッチング装置

5 技術分野

本発明は、微細な回路構造を有する半導体装置や、その他の微細構造を有する装置を製造する際に用いられるエッチング方法及びエッチング装置に係り、特に、マスク材のパターン形状に基づいてシリコン酸化物をエッチングして略垂直な角部を有する溝等を形成するエッチング方法及びエッチング装置に関する。

背景技術

従来から、例えば半導体装置の製造分野においては、半導体装置の微細な回路構造を形成する際に、所定のエッチングガスを使用し、このエッチングガスのプラズマを発生させ、このプラズマの作用によって、所望部位のエッチングを行う所謂ドライエッチングが多用されている。

また、近年においては、半導体装置以外の装置においても、微細構造を有する装置においては、機械的に切削等を行う代わりに、マスク材のパターン形状に基づいてドライエッチングにより所望部位をエッチングし、微細構造を製造することが行われている。

このようなドライエッチングにおいて、シリコン酸化物をプラズマエッチングする場合、例えば、炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスが用いられている。より具体的には、例えば、 C_5F_8 ガス、 O_2 ガス、 Ar ガスを含む混合ガス等が用いられている。

しかしながら、本発明者等が詳査したところ、上記のようなエッチン

グ処理では次のような問題があることが判明した。すなわち、例えば、
図 6 (a) に示すように、半導体ウェハ W 上に形成されたシリコン酸化
膜（例えば、熱酸化膜）101 上に所望パターンのマスク材層 102 を
形成し、この後、図 6 (b) に示すように、マスク材層 102 のパター
ン形状に基づいて、シリコン酸化膜 101 の露出部分を、 C_5F_8 ガス
と O_2 ガスと Ar ガスを含む混合ガスを用いてプラズマエッチングし、
シリコン酸化膜 101 に溝（トレンチ）103 を形成する場合、図中点
線で示すように、本来は略直角な角部が形成されるはずの側壁部の麓部
分（溝 103 の底部の角部）に、不所望な溝、所謂マイクロトレンチが
形成されるという問題である。

ここで、上記のマイクロトレンチがどの程度生じているかを、数値で
評価するには、図 6 に矢印 A で示すマイクロトレンチ部分以外の平坦部
のシリコン酸化膜 101 のエッチング深さと、矢印 B で示すマイクロト
レンチ部分のシリコン酸化膜 101 のエッチング深さを測定し、これら
の比 (B/A)（以下、マイクロトレンチ係数と言う。）を求めること
によって行うことができる。なお、このマイクロトレンチ係数による評
価では、マイクロトレンチ係数が略 1 になることが好ましいが、図 6 に
示すような場合、後述するように、上記マイクロトレンチ係数の値は、
1.14 以上となる。

上記のようなマイクロトレンチが発生すると、例えば、溝（トレン
チ）内に配線材料やその他の材料を埋め込む際には、マイクロトレンチ
の部分にこの材料が十分に埋め込まれずに空間が形成されてしまうとい
う問題が生じる可能性がある。また、機械部品等として使用する場合には、
マイクロトレンチの存在により、機械的強度が低下してしまう等の
問題が発生する可能性がある。このため、上記のようなマイクロトレン
チの発生はできる限り抑制する必要がある。

発明の開示

そこで、本発明の目的は、マイクロトレンチの発生を抑制することができ、精度良く所望形状のエッチングを行うことのできるエッチング方法
5 法及びエッチング方法を提供することにある。

本発明のエッチング方法は、炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスを使用してマスク材のパターン形状に基づいてシリコン含有酸化物をエッチングするエッチング方法であって、
10 不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が0.02以下で、エッチングによってシリコン含有酸化物中に略垂直な角部を形成することを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が0.
15 015以下であることを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が0.
20 003以上であることを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記不活性ガスがアルゴンであることを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記炭素とフッ素とを含むガスが、 C_5F_8 であることを特徴とする。

25 また、本発明のエッチング方法は、上部電極と下部電極が対向して配置されたエッチング装置の前記下部電極に、前記シリコン含有酸化物を

有する被処理物を載置し、前記下部電極に高周波電力を印加してエッチングを行うことを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記シリコン含有酸化物がシリコン酸化膜であることを特徴とする。

- 5 また、本発明のエッチング方法は、前記高周波電力によって形成される高周波電界に対して略垂直な磁場を形成した状態でエッチングを行うことを特徴とする。

- 本発明のエッチング方法は、炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスを使用してマスク材のパターン形状に基づいてシリコン含有酸化物をエッチングするエッチング方法であって、
- 10 不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）を第1の値としてエッチングを行う第1のステップと、不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）を前記第1の値より小さな第2の値としてエッチングを行う第2のステップとを有し、エッチングによってシリコン含有酸化物中に略垂直な角部を形成することを特徴とする。

- また、本発明のエッチング方法は、前記第1の値が0.02より大きく、前記第2の値が0.02以下であることを特徴とする。
- 20

また、本発明のエッチング方法は、前記不活性ガスがアルゴンであることを特徴とする。

また、本発明のエッチング方法は、前記炭素とフッ素とを含むガスが、 C_5F_8 であることを特徴とする。

- 25 本発明のエッチング装置は、炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスを使用してマスク材のパターン形状に基

づいてシリコン含有酸化物をエッチングするエッチング装置であって、
不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量
との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流
量）／不活性ガス流量）が 0.02 以下の前記混合ガスを供給し、エッ
5 チングによって前記シリコン含有酸化物中に略垂直な角部を形成するこ
とを特徴とする。

また、本発明のエッチング装置は、前記不活性ガス流量に対する炭素
とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素
とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が 0.
10 015 以下の前記混合ガスを供給することを特徴とする。

また、本発明のエッチング装置は、前記不活性ガス流量に対する炭素
とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素
とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が 0.
003 以上の前記混合ガスを供給することを特徴とする。

15 また、本発明のエッチング装置は、前記不活性ガスがアルゴンである
ことを特徴とする。

また、本発明のエッチング装置は、前記炭素とフッ素とを含むガスが、
C₅F₈であることを特徴とする。

また、本発明のエッチング装置は、上部電極と、前記上部電極に対向
20 して配置された下部電極とを具備し、前記下部電極に前記シリコン含有
酸化物を有する被処理物を載置し、前記下部電極に高周波電力を印加し
てエッチングを行うことを特徴とする。

また、本発明のエッチング装置は、前記シリコン含有酸化物がシリコ
ン酸化膜であることを特徴とする。

25 また、本発明のエッチング装置は、前記高周波電力によって形成され
る高周波電界に対して略垂直な磁場を形成する磁場形成機構を具備した

ことを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明のエッチング方法の一実施形態を説明するための図。

5 図 2 は、本発明の一実施形態に係るエッチング装置の概略構成を示図。

図 3 は、 $(C_5 F_8 + O_2) / A_r$ とエッチングレート及びエッチングレート均一性との関係を示す図。

図 4 は、 $(C_5 F_8 + O_2) / A_r$ とマイクロトレンチ係数との関係を示す図。

10 図 5 は、トレンチの幅が狭い場合の $(C_5 F_8 + O_2) / A_r$ とマイクロトレンチ係数との関係を示す図。

図 6 は、本発明の解決課題を説明するための図。

発明を実施するための最良の形態

15 以下、本発明の詳細を、実施の形態について図面を参照して説明する。

図 2 は、本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を模式的に示すものである。同図において、符号 1 は、材質が例えばアルミニウム等になり、内部を気密に閉塞可能に構成され、プラズマ処理室を構成する円筒状の真空チャンバを示している。

20 上記真空チャンバ 1 は、小径の上部 1 a と大径の下部 1 b からなる段付きの円筒形状とされており、接地電位に接続されている。また、真空チャンバ 1 の内部には、被処理基板としての半導体ウエハ W を、被処理面を上側に向けて略水平に支持する支持テーブル（サセプタ） 2 が設けられている。

25 この支持テーブル 2 は、例えばアルミニウム等の材質で構成されており、セラミックなどの絶縁板 3 を介して導体の支持台 4 に支持されている。

る。また支持テーブル 2 の上方の外周には導電性材料または絶縁性材料で形成されたフォーカスリング 5 が設けられている。

また、支持テーブル 2 の半導体ウエハ W の載置面には、半導体ウエハ W を静電吸着するための静電チャック 6 が設けられている。この静電
5 チャック 6 は、絶縁体 6 b の間に電極 6 a を配置して構成されており、電極 6 a には直流電源 1 3 が接続されている。そして電極 6 a に電源 1 3 から電圧が印加されることにより、例えばクーロン力によって半導体ウエハ W が吸着されるようになっている。

さらに、支持テーブル 2 には、冷媒を循環するための冷媒流路（図示
10 せず）と、冷媒からの冷熱を効率よく半導体ウエハ W に伝達するために半導体ウエハ W の裏面に H e ガスを供給するガス導入機構（図示せず）とが設けられ、半導体ウエハ W を所望の温度に温度制御できるようになっている。なお、この H e ガスのガス圧は、半導体ウエハ W のセンター部とエッジ部とに別けて独立に制御できるよう構成されている。ま
15 た、真空チャンバ 1 内の処理空間を構成する部分に対応した部分については、トップ／ウォール／ボトムの夫々の部分について独立に温度制御できるように構成されている。

上記支持テーブル 2 と支持台 4 は、ボールねじ 7 を含むボールねじ機構により昇降可能となっており、支持台 4 の下方の駆動部分は、ステン
20 レス鋼（S U S）製のベローズ 8 で覆われ、ベローズ 8 の外側にはベローズカバー 9 が設けられている。

また、支持テーブル 2 のほぼ中央には、高周波電力を供給するための給電線 1 2 が接続されている。この給電線 1 2 にはマッチングボックス
1 1 及び高周波電源 1 0 が接続されている。高周波電源 1 0 からは、1
25 3 . 5 6 ~ 1 5 0 M H z の範囲の高周波電力（本実施形態では 1 3 . 5 6 M H z の高周波電力）が、支持テーブル 2 に供給されるようになって

いる。

さらに、フォーカスリング 5 の外側には排気リング 1 4 が設けられている。排気リング 1 4 は、支持台 4、ベローズ 8 を介して真空チャンバ 1 と電氣的に導通している。

5 一方、支持テーブル 2 の上方の真空チャンバ 1 の天壁部分には、シャワーヘッド 1 6 が、支持テーブル 2 と平行に対向する如く設けられており、このシャワーヘッド 1 6 は接地されている。したがって、これらの支持テーブル 2 およびシャワーヘッド 1 6 は、一對の電極として機能するようになっている。

10 上記シャワーヘッド 1 6 は、その下面に多数のガス吐出孔 1 8 が設けられており、且つその上部にガス導入部 1 6 a を有している。そして、その内部にはガス拡散用空隙 1 7 が形成されている。ガス導入部 1 6 a にはガス供給配管 1 5 a が接続されており、このガス供給配管 1 5 a の他端には、エッチング用の処理ガスを供給する処理ガス供給系 1 5 が接
15 続されている。

処理ガス供給系 1 5 から供給されるエッチング用の処理ガスは、炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスであり、本実施の形態では、C₅F₈ ガスと、O₂ ガスと、Ar ガスとの混合ガスである。この処理ガスが、処理ガス供給系 1 5 からガス供給配管
20 1 5 a、ガス導入部 1 6 a を介してシャワーヘッド 1 6 のガス拡散用空隙 1 7 に至り、ガス吐出孔 1 8 から吐出され、半導体ウエハ W に形成された膜のエッチングに供されるようになっている。

また、真空チャンバ 1 の下部 1 b の側壁には、排気ポート 1 9 が形成されており、この排気ポート 1 9 には排気系 2 0 が接続されている。そ
25 して排気系 2 0 に設けられた真空ポンプを作動させることにより真空チャンバ 1 内を所定の真空度まで減圧することができるようになっている。

る。さらに、真空チャンバ 1 の下部 1 b の側壁上側には、半導体ウエハ W の搬入出口を開閉するゲートバルブ 2 4 が設けられている。

一方、真空チャンバ 1 の上部 1 a の外側周囲には、真空チャンバ 1 と同心状に、環状の磁場形成機構（リング磁石）2 1 が配置されており、
5 支持テーブル 2 とシャワーヘッド 1 6 との間の処理空間に磁場を形成するようにになっている。この磁場形成機構 2 1 は、回転機構 2 5 によって、その全体が、真空チャンバ 1 の回りを所定の回転速度で回転可能とされている。

なお、磁場形成機構 2 1 としては、ダイポール磁場を形成するタイプのもの、或いは、マルチポール磁場を形成するタイプのものを使用することが可能であるが、本実施形態では、高周波電界に対して略垂直なダイポール磁場を形成する磁場形成機構 2 1 を用いている。

また、真空チャンバ 1 の処理空間に相当する部分の側壁部には、光ファイバー 2 8 a が接続されており、UV 光源ユニット 2 8 から、この
15 光ファイバー 2 8 a を介して、真空チャンバ 1 内の処理空間に、所定の紫外線（UV）を照射することができるようにになっている。このように処理空間に紫外線を照射するのは、真空チャンバ 1 内の抵抗値（特に高周波印加電極側）の状態によっては、高周波印加のみでは、プラズマが着火し難いためである。つまり、高周波印加と同時に紫外線照射を行う
20 ことによって、処理ガスを励起し、電離してプラズマが着火し易くすることができる。

なお、上記紫外線としては、波長が短い程好ましく、例えば、波長 300 nm 以下のものを使用することができ、照射は、例えば 0.5 ～ 5 秒程度行うことが好ましい。また、本実施形態では、光ファイバー 2 8
25 a によって、真空チャンバ 1 内に紫外線を導入するようになっているので 200 nm 以下の短い波長の紫外線でも導入路でのエネルギーの損失

なく照射できる。波長が長い場合は、真空チャンバ1に窓を設け、この窓の外から真空チャンバ1内に紫外線を照射し、真空チャンバ1内に紫外線を導入することもできる。

上記のように構成されたエッチング装置を用いて、本実施形態では、

- 5 図1(a)に示すように、シリコン酸化膜(熱酸化膜)101上に所望パターンのマスク材層102を形成した半導体ウエハWを用い、マスク材層102のパターン形状に基づいて、シリコン酸化膜101の露出部分をエッチングし、溝(トレンチ)103を形成した。溝(トレンチ)103の幅は、約5.75 μ mである。
- 10 このエッチング手順について説明すると、まず、ゲートバルブ24を開放し、このゲートバルブ24に隣接して配置されたロードロック室(図示せず)を介して、搬送機構(図示せず)により半導体ウエハWを真空チャンバ1内に搬入し、予め所定の位置に下降されている支持テーブル2上に載置する。そして、直流電源13から静電チャック6の電極
- 15 6aに所定の電圧を印加し、半導体ウエハWをクーロン力により吸着する。

- この後、搬送機構を真空チャンバ1外へ退避させた後、ゲートバルブ24を閉じ、支持テーブル2を図1に示される位置まで上昇させると共に、排気系20の真空ポンプにより排気ポート19を通じて真空チャン
- 20 バ1内を排気する。

- 真空チャンバ1内が所定の真空度になった後、真空チャンバ1内には、処理ガス供給系15から、C₅F₈ガスと、O₂ガスと、Arガスとの混合ガスからなる処理ガスが、所定流量で導入され、真空チャンバ1内
- 25 r)、本実施形態では、1.33~133Pa(10~1000mTorr)、本実施形態では、13.3Pa(100mTorr)又は5.32Pa(40mTorr)に保持される。

そして、この状態で高周波電源 10 から、支持テーブル 2 に、所定周波数、本実施形態では 13.56 MHz の高周波電力を供給するとともに、プラズマの着火時には、前述した UV 光源ユニット 28 から紫外線の照射を行う。

5 この場合に、下部電極である支持テーブル 2 に高周波電力が印加されることにより、上部電極であるシャワーヘッド 16 と下部電極である支持テーブル 2 との間の処理空間には高周波電界が形成されるとともに、磁場形成機構 21 による磁場が形成され、この状態でプラズマによるシリコン酸化膜 101 のエッチングが行われる。

10 そして、所定のエッチング処理が実行されると、高周波電源 10 から高周波電力の供給が停止し、エッチング処理を停止して、上述した手順とは逆の手順で、半導体ウエハ W を真空チャンバ 1 外に搬出する。

ここで、上記のエッチングにおけるさらに詳細なエッチング条件は、以下のとおりである。

15 $C_5 F_8 / O_2 / Ar = 6 / 4 / 1000 \text{ sccm}$

$((C_5 F_8 + O_2) / Ar = 0.01 (1\%))$

圧力 = 13.3 Pa (100 mTorr)

高周波出力 = 1500 W

電極間ギャップ = 27 mm

20 バックヘリウム圧力 (センター/エッジ) = 5320 / 26600 Pa (4 / 20 Torr)

温度 (トップ/ウォール/ボトム) = 60 / 60 / 30 °C

この結果、図 1 (b) に示すように、ほとんどマイクロレンチが生じることなく、側壁部の麓部分が略直角な角部とされた形状を得ることができた。マイクロレンチ係数 (B/A) は約 1.03 (A = 4.84 μm、B = 5.00 μm) であった。

25

図 3, 4 は、上記のシリコン酸化膜 101 のエッチングにおいて、 A_r の流量に対する $C_5 F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $(C_5 F_8 + O_2) / A_r$ を変化させた場合のエッチングレートの変化の様子 (図 3 の実線 C)、エッチングレート均一性 (面内均一性) の変化の様子 (図 3 の実線 D)、及び、マイクロレンチ係数の変化の様子 (図 4 の実線 E) を示したものである。

なお、図 3 において、上記実線 C, D が、 P_1 , P_2 と、 P_3 , P_4 に、途中で 2 つに別れているのは、図中左側の P_1 , P_2 実線の場合、圧力を 13.3 Pa (100 mTorr) とし、図中右側の P_3 , P_4 実線の場合、圧力を 5.32 Pa (40 mTorr) として異なる圧力としたためである。

また、 P_1 における各ガスの具体的な流量は、前述したとおりの、
 $C_5 F_8 / O_2 / A_r = 6 / 4 / 1000 \text{ sccm}$
 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r = 0.01 (1\%))$
 であり、 P_2 と P_3 は同じで、

$C_5 F_8 / O_2 / A_r = 6 / 4 / 500 \text{ sccm}$
 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r = 0.02 (2\%))$
 であり、 P_4 は、

$C_5 F_8 / O_2 / A_r = 12 / 9 / 500 \text{ sccm}$
 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r = 0.04 (4\%))$
 である。

また、マイクロレンチ係数 (B/A) 及び A , B の具体的な値は、 P_1 については前記したとおりであり、 P_2 のマイクロレンチ係数 (B/A) は約 1.10 ($A = 5.43 \mu\text{m}$, $B = 5.99 \mu\text{m}$)、 P_3 のマイクロレンチ係数 (B/A) は約 1.10 ($A = 5.87 \mu\text{m}$, $B = 6.46 \mu\text{m}$)、 P_4 のマイクロレンチ係数 (B/A) は約 1.

1 5 (A = 7. 3 0 μ m、B = 8. 3 7 μ m) であった。

図 4 の実線 E に示されるように、マイクロレンチ係数は、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) の値が低い方が良好になる傾向にある。マイクロレンチ係数は、
5 1. 1 0 ~ 1. 0 0 とすることが好ましく、このため、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) の値は、好ましくは 0. 0 2 (2%) 以下とし、さらに好ましくは 0. 0 1 5 (1. 5%) 以下とする。

一方、図 3 の実線 C に示されるように、上記の A r の流量に対する C
10 5 F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) の値が低くなるとエッチングレートが低下する傾向にあり、また、図 3 の実線 D に示されるように、この値が低くなるとエッチングレート均一性 (面内均一性) が悪化する傾向にある。このため、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) の値は、0. 0 0
15 3 (0. 3%) 程度以上とすることが好ましい。

また、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) を、エッチング処理の途中で変更し、複数ステップのエッチング処理とすることも有効である。

すなわち、例えば、1 ステップ目のエッチング処理は、エッチング
20 レートを大きくし、エッチングレートの面内均一性を高く維持するために、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) を大きく (例えば 0. 0 2 (2%) より大きく) 設定する。

そして、2 ステップ目のエッチング処理は、マイクロレンチの発生
25 を抑制するために、A r の流量に対する C₅ F₈ + O₂ 合計流量の比率 ($(C_5 F_8 + O_2) / A_r$) を小さく (例えば 0. 0 2 (2%) 以

下) に設定する。

上記のように、エッチング処理の途中で A_r の流量に対する $C_5 F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r)$ を変更し、複数ステップ (例えば 2 ステップ) のエッチング処理を行うことによって、

- 5 エッチングレートを大きくし、エッチングレートの面内均一性を高く維持しつつ、マイクロトレンチの発生を抑制することができる。

なお、以上のような構成の混合ガスを選択することによって、マイクロトレンチの形成が抑制されるメカニズムは、以下のように推測される。すなわち、マイクロトレンチが形成される一因として、エッチングに伴

- 10 う堆積物が図 6 (b) に示される矢印 A の部分 (溝 103 の平坦な部分) に多く堆積してエッチングレートを低下させ、このような堆積物が少ない矢印 B の部分 (マイクロトレンチの部分) のエッチングレートとの間に差ができることが考えられる。そして、上記のように A_r の流量に対する $C_5 F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r)$ を
15 低下させ、混合ガスの中の A_r の量を増大させると、 A_r によるスパッタ作用により上記の堆積物が除かれ、上記のエッチングレートの差が解消されることにより、マイクロトレンチの形成が抑制されるものと推測される。

- 図 5 は、図 1 の場合とは異なり、溝 (トレンチ) の幅が狭い (幅 = 約
20 $0.6 \mu m$) 場合のパターンについて、エッチングを行った場合の A_r の流量に対する $C_5 F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r)$ と、エッチングレート (実線 F) 及びマイクロトレンチ係数 (実線 G) との関係を示したものである。

なお、エッチング条件は、流量比率については、

- 25 $C_5 F_8 / O_2 / A_r = 6 / 4 / 500 sccm$
 $((C_5 F_8 + O_2) / A_r = 0.02 (2\%))$

及び、

$$C_5 F_8 / O_2 / A r = 6 / 4 / 800 \text{ s c c m}$$
$$((C_5 F_8 + O_2) / A r = 0.0125 (1.25\%))$$

であり、その他の条件は、

- 5 圧力 = 15.96 Pa (120 mTorr)
- 高周波出力 = 1400 W
- 電極間ギャップ = 27 mm
- バックヘリウム圧力 (センター/エッジ) = 931 / 5320 Pa
(7 / 40 Torr)

- 10 温度 (トップ/ウォール/ボトム) = 60 / 60 / 20 °C
- である。

同図に示されるとおり、溝 (トレンチ) の幅が狭い場合についても、 $A r$ の流量に対する $C_5 F_8 + O_2$ 合計流量の比率 $((C_5 F_8 + O_2) / A r)$ の値を 0.02 (2%) 以下とすることによって、マイク

- 15 ロトレンチ係数を 1.1 以下の良好な状態とすることができた。

なお、上記の実施形態では、炭素とフッ素とを含むガスとして、 $C_5 F_8$ を用いた場合について説明したが、炭素とフッ素とを含むガスとしては、例えば、 $C_4 F_6$ 、 $C_3 F_8$ 、 $C_4 F_8$ 等の他の各種のガスも使用することができる。

- 20 また、上記の実施形態では、不活性ガスとして、 $A r$ を用いた場合について説明したが、不活性ガスとしては、例えば、 $X e$ 、 $K r$ 等の他の不活性ガスも使用することができる。

- また、上記の実施形態では、エッチングするシリコン酸化物として、半導体ウエハ W に形成された熱酸化膜をエッチングした場合について説明したが、シリコン酸化物は、熱酸化膜に限らず、CVD 膜や SOG 膜、
25 或いは石英等にも同様にして適用することができ、リン、ボロン等の不

純物を含むものであってもよい。また、半導体ウエハW上のシリコン酸化物に限らず、あらゆるシリコン酸化物に適用することができる。

また、シリコン酸化膜のみならず、 SiOC 、 SiON 、 SiOF などの無機Low-K膜として知られるシリコン含有酸化物に対しても、

5 適用することができる。

また、マスク材としてはレジストなどの有機材料が用いられるが、エッチング量が多い場合は、マスク材がエッチングされてマスクとして機能しなくなる場合がある。そのような場合はシリコン窒化膜などの耐エッチング性の大きい窒化膜などの無機材料膜を用いることができる。

10 さらに、エッチングに使用するエッチング装置は、例えば、上部電極と下部電極の双方に高周波電圧を印加するタイプのものや、ECRプラズマエッチング装置、ヘリコン波プラズマエッチング装置、TCP形プラズマエッチング装置、誘導結合形プラズマエッチング装置等、あらゆる装置を使用することができる。

15 以上説明したとおり、本発明によれば、マイクロトレンチの発生を抑制することができ、精度良く所望形状のエッチングを行うことができる。

産業上の利用可能性

本発明に係るエッチング方法及びエッチング装置は、半導体装置の製造を行う半導体製造産業等において使用することが可能である。したがって、産業上の利用可能性を有する。

20

請 求 の 範 囲

1. 炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合
ガスを使用してマスク材のパターン形状に基づいてシリコン含有酸化物

5 をエッチングするエッチング方法であって、

不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流
量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流
量）／不活性ガス流量）が0.02以下で、エッチングによってシリコ
ン含有酸化物中に略垂直な角部を形成することを特徴とするエッチング

10 方法。

2. 請求項1記載のエッチング方法において、

前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガ
ス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガ
ス流量）／不活性ガス流量）が0.015以下であることを特徴とする

15 エッチング方法。

3. 請求項1記載のエッチング方法において、

前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガ
ス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガ
ス流量）／不活性ガス流量）が0.003以上であることを特徴とする

20 エッチング方法。

4. 請求項1記載のエッチング方法において、

前記不活性ガスがアルゴンであることを特徴とするエッチング方法。

5. 請求項4記載のエッチング方法において、

前記炭素とフッ素とを含むガスが、 C_5F_8 であることを特徴とする

25 エッチング方法。

6. 請求項1記載のエッチング方法において、

上部電極と下部電極が対向して配置されたエッチング装置の前記下部電極に、前記シリコン含有酸化物を有する被処理物を載置し、前記下部電極に高周波電力を印加してエッチングを行うことを特徴とするエッチング方法。

5 7. 請求項6記載のエッチング方法において、

前記シリコン含有酸化物がシリコン酸化膜であることを特徴とするエッチング方法。

8. 請求項6記載のエッチング方法において、

10 前記高周波電力によって形成される高周波電界に対して略垂直な磁場を形成した状態でエッチングを行うことを特徴とするエッチング方法。

9. 炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスを使用してマスク材のパターン形状に基づいてシリコン含有酸化物をエッチングするエッチング方法であって、

15 不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）を第1の値としてエッチングを行う第1のステップと、

20 不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）を前記第1の値より小さな第2の値としてエッチングを行う第2のステップとを有し、

エッチングによってシリコン含有酸化物中に略垂直な角部を形成することを特徴とするエッチング方法。

10. 請求項9記載のエッチング方法において、

25 前記第1の値が0.02より大きく、前記第2の値が0.02以下であることを特徴とするエッチング方法。

1 1. 請求項 9 記載のエッチング方法において、

前記不活性ガスがアルゴンであることを特徴とするエッチング方法。

1 2. 請求項 9 記載のエッチング方法において、

前記炭素とフッ素とを含むガスが、 C_5F_8 であることを特徴とする

5 エッチング方法。

1 3. 炭素とフッ素とを含むガス、酸素ガス、及び不活性ガスを含む混合ガスを使用してマスク材のパターン形状に基づいてシリコン含有酸化物をエッチングするエッチング装置であって、

10 不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が 0.02 以下の前記混合ガスを供給し、エッチングによって前記シリコン含有酸化物中に略垂直な角部を形成することを特徴とするエッチング装置。

1 4. 請求項 1 3 記載のエッチング装置において、

15 前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が 0.015 以下の前記混合ガスを供給することを特徴とするエッチング装置。

1 5. 請求項 1 3 記載のエッチング装置において、

20 前記不活性ガス流量に対する炭素とフッ素とを含むガス流量と酸素ガス流量との合計流量の比率（（炭素とフッ素とを含むガス流量＋酸素ガス流量）／不活性ガス流量）が 0.003 以上の前記混合ガスを供給することを特徴とするエッチング装置。

1 6. 請求項 1 3 記載のエッチング装置において、

25 前記不活性ガスがアルゴンであることを特徴とするエッチング装置。

1 7. 請求項 1 6 記載のエッチング装置において、

前記炭素とフッ素とを含むガスが、 C_5F_8 であることを特徴とするエッチング装置。

18. 請求項13記載のエッチング装置において、

上部電極と、前記上部電極に対向して配置された下部電極とを具備し、
5 前記下部電極に前記シリコン含有酸化物を有する被処理物を載置し、前記下部電極に高周波電力を印加してエッチングを行うことを特徴とするエッチング装置。

19. 請求項18記載のエッチング装置において、

前記シリコン含有酸化物がシリコン酸化膜であることを特徴とする
10 エッチング装置。

20. 請求項18記載のエッチング装置において、

前記高周波電力によって形成される高周波電界に対して略垂直な磁場を形成する磁場形成機構を具備したことを特徴とするエッチング装置。

FIG. 1A

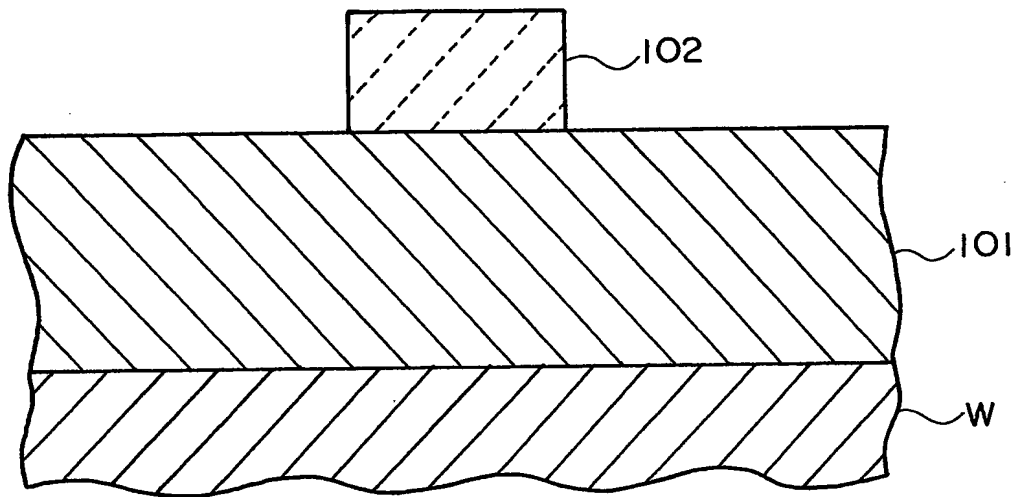


FIG. 1B

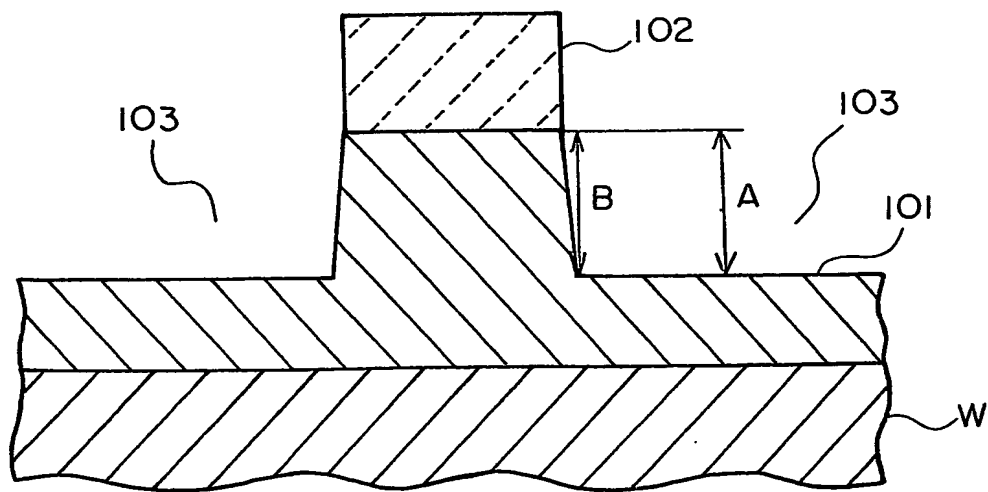


FIG. 3

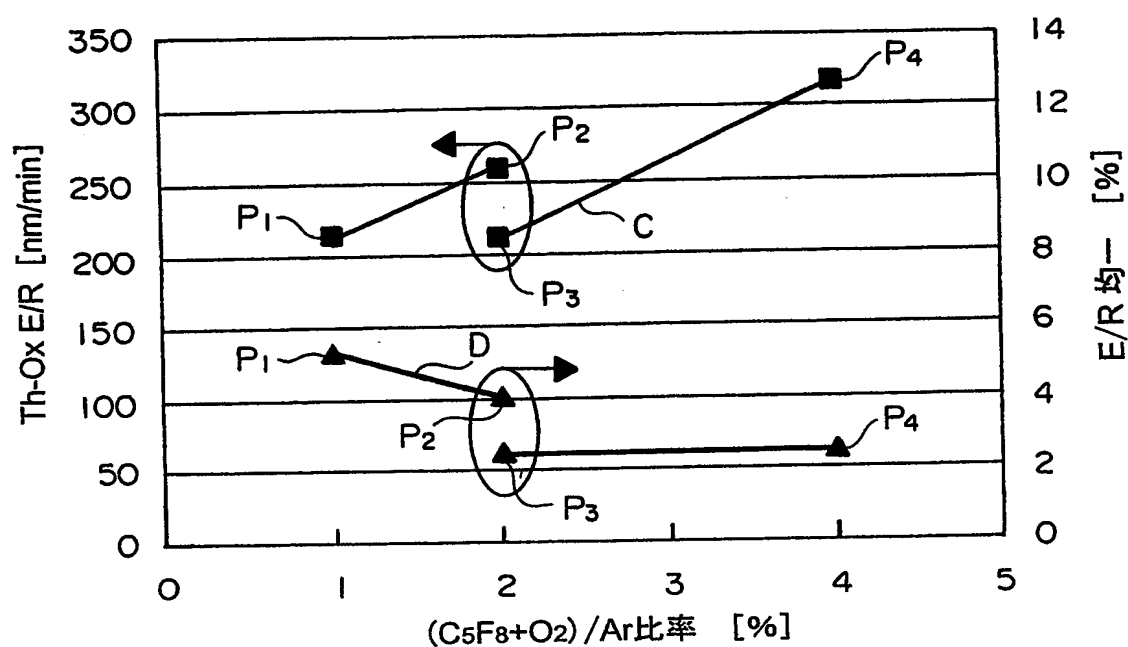


FIG. 4

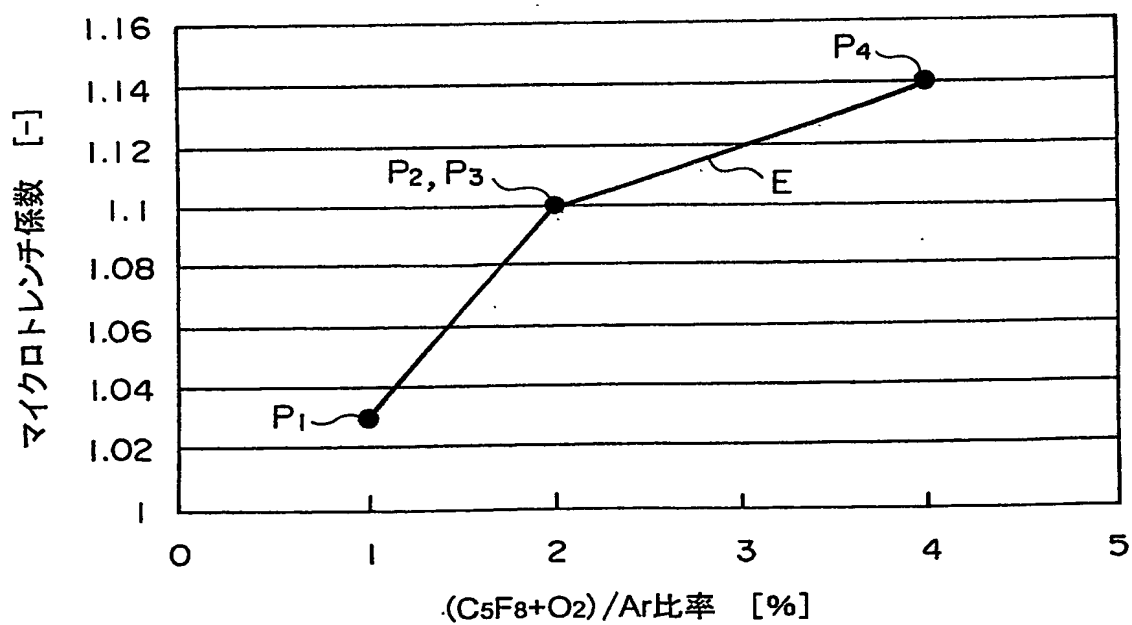


FIG. 5

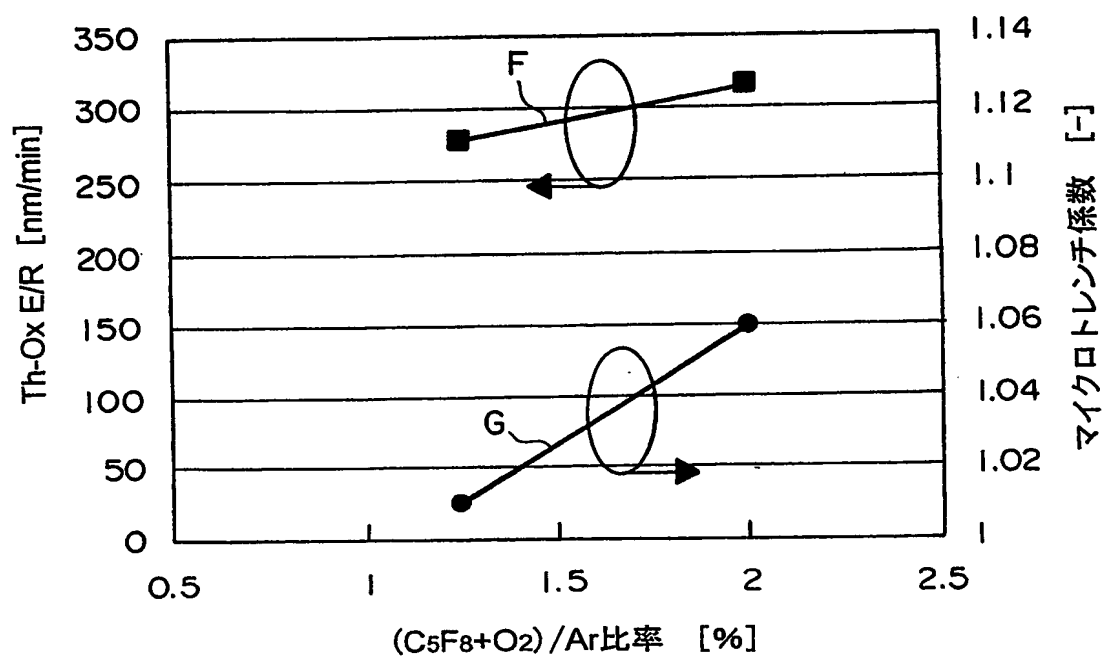


FIG. 6A

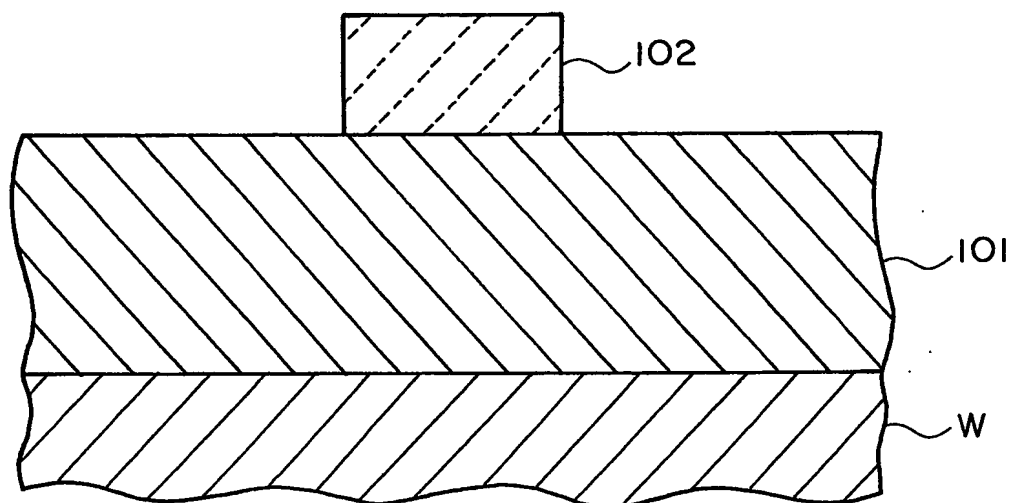
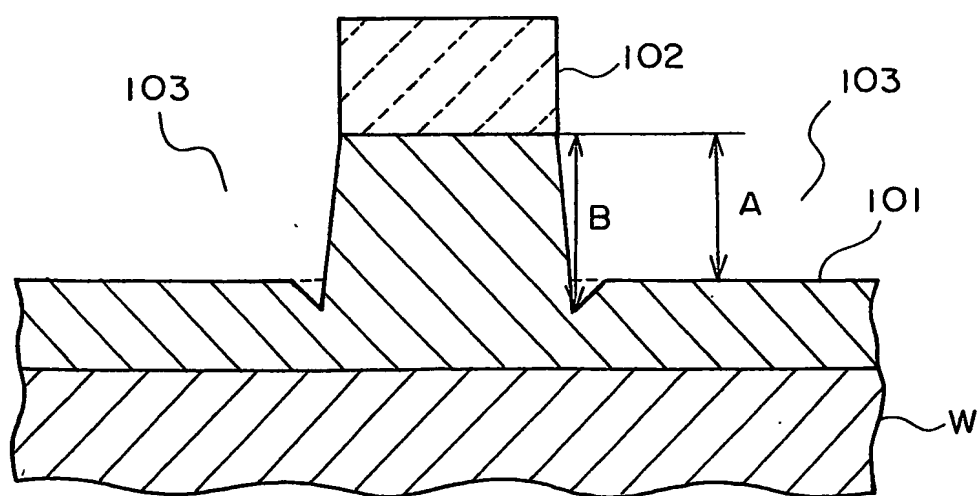


FIG. 6B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/01052

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X, <u>Y</u>	JP 2000-307001 A (Sony Corp.), 02 November, 2000 (02.11.00), Par. Nos. [0028] to [0089] (Family: none)	1, 3-7, 13, 15-19, <u>10</u>
X, <u>Y</u>	JP 2001-127039 A (NEC Corp.), 11 May, 2001 (11.05.01), Par. Nos. [0008] to [0026] (Family: none)	9, 11, 12, <u>10</u>
X	US 2001/0045667 A (Hiroshi YAMAUCHI), 29 November, 2001 (29.11.01), Par. Nos. [0017] to [0072] & JP 2001-308067 A	2, 8, 14, 20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 April, 2003 (17.04.03)

Date of mailing of the international search report
30 April, 2003 (30.04.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl.¹ H01L21/3065

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl.¹ H01L21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X, <u>Y</u>	JP 2000-307001 A (ソニー株式会社) 2000. 11. 02 第28~89段落 (ファミリーなし)	1, 3-7, 13, 15-19, <u>10</u>
X, <u>Y</u>	JP 2001-127039 A (日本電気株式会社) 2001. 05. 11 第8~26段落 (ファミリーなし)	9, 11, 12, <u>10</u>
X	US 2001/0045667 A (Hiroshi Yamauchi) 2001. 11. 29 第17~72段落 & JP 2001-308067 A	2, 8, 14, 20

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
17.04.03

国際調査報告の発送日

30.04.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 今井 淳一

4R 9055

電話番号 03-3581-1101 内線 6758